한국동물분류학회지 제11권 제2호
The Korean Journal of Systematic Zoology
Vol. 11, No. 2: 207-221 (June 1995)

한국산 ***Raja***속 어류의 분류학적 연구

정 충 훈 · 이 영 철 · 김 재 흡* · 양 서 영*
(인하대학교 해양학과; *인하대학교 생물학과)

적 요

남한해역에서 채집된 *Raja*속 어류를 Ishihara(1987)의 분류기준에 따라 동정한 결과 *Raja*(*Okamejei*) *meerdervoortii* Bleeker(오동가오리), *R.*(*O.*) *acutispina* Ishiyama(국명신칭: 무늬홍어), *R.*(*O.*) *kenojei* Müller *et* Henle (홍어), *R.*(*Dipturus*) *kwangtungensis* Chu(국명신칭: 참홍어), *R.*(*D.*) *pulchra* Liu(눈가오리) 등 5종이 확인되었다. 5종 10집단 165개체에 대한 전기영동법을 이용한 동위효소 분석 결과 13개의 효소 및 비효소성 단백질에서 24개의 유전자를 검출하고 대립인자 빈도를 산출하여 종간 비교를 실시하였다. 5종 중 *R.*(*O.*) *kenojei* 집단은 4집단 간 평균 S = 0.966으로 매우 가까운 유전적 근연치를 나타냈으며, *R.*(*O.*) *meerdervoortii*와 *R.*(*O.*) *acutispina*는 유전적 근연치가 S = 0.749였으며, *R.*(*O.*) *kenojei*와 *R.*(*D.*) *kwangtungensis*는 S = 0.829였으나, *R.*(*D.*) *pulchra*는 다른 4종과 S = 0.597의 값을 나타내어 유전적 근연관계가 제일 멀게 나타났다. *R.*(*D.*) *kwangtungensis*의 경우 동일 아속인 *Dipturus* 아속에 속하는 *R.*(*D.*) *pulchra*와는 유전적 근연치가 S = 0.648로 뚜렷한 차이가 있었으나, *Okamejei* 아속에 속하는 *R.*(*O.*) *kenojei*와는 S = 0.829의 가까운 유전적 근연치를 나타내어 주목된다. *R.*(*O.*) *acutispina*와 *R.*(*D.*) *kwangtungensis*는 한국 미기록종으로 동정되었다.

Key words: Taxonomy, *Raja*, genetic relationships, electrophoresis, ventral sensory pore, new record

---

본 연구는 1992년도 인하대학교 교내연구비 지원에 의하여 수행된 것임.

서 론

Rajidae과(Pisces, Rajoidei) 어류는 전세계적으로 18속 200종 이상이 보고되었으며(Nelson, 1994), 그 중 *Raja*속에는 약 100종이 분류되어 Rajidae과 어류 전체의 약1/2을 차지하는 큰 분류군으로, 북서태평양해역에는 11종이(Ishihara, 1987), 남한해역에는 7종이 보고되어 있다(Chyung, 1977).

현재까지의 *Raja*속 어류에 대한 국내의 연구는 별로 수행된 바 없고, 일본 및 중국에서는 미부비대극(tail thorns)과 체반표면에 돌출한 항부비대극(nuchal thorns) 등의 배열상태와 수 및 체표반문의 형태 등을 위주로 *Raja*속 어류를 분류하였다. 그러나 상기 분류형질들은 형태변이가 심하여 종명사용에 많은 논란이 있어 왔고(Ishiyama, 1958, 1967; Boeseman, 1978, 1979; Ishihara and Ishiyama, 1986; Ishihara, 1987; Chen and Joung, 1989), 국내에서는 Chyung(1977)의 보고이후 연구된 바가 거의 없어 한반도 주변해역의 *Raja*속 어류에 관한 분류학적 재검토가 요구된다.

본 연구에서는 남한근해에서 채집된 *Raja*속 어류를 비교적 최근에 제시된 Ishihara(1987)의 형태분류 기준에 따라 재 검토하고 이들을 대상으로 동위효소(isozyme) 분석을 실시하여 각 종간의 계통적 유연관계를 구명하고자 하였다.

Table 1. Morphological differences and the diagnostic characters among 5 species of the genus *Raja* by Ishihara (1987). The species names are represented as abbreviation listed in Table 2.

Characters \ Species	*R.m.*	*R.a.*	*R.k.*	*R.kw.*	*R.p.*
Total length of adults	< 55 cm	< 55 cm	< 55 cm	> 55 cm	< 55 cm
Ratio of rostral cartiage dorsal head length length to	< 60%	< 60%	< 60%	> 60%	> 60%
Tail spines	Male: 3 rows Female: 5 rows	M: 3 rows F: 5 rows	M: 3 rows F: 3 or 5 rows	M: 1 row F: 3 rows	M: 1 row F: 5 rows
The height of caudal fin to lateral tial fold	—	—	—	high	low
V-shaped of ventral sensory the metapterygium pores on	Present	Absent	Present	—	—
Pectoral ocellus on the conter of pectoral fins	Absent	Present	Present	Present	Present
No. of nuchal thorns	1-3	1-3	2-16	0-2	1

재료 및 방법

본 연구에 사용된 시료는 1992년 4월부터 1993년 11월까지 황해(백령도, 대청도, 특정해역, 군산, 진도) 및 남해(완도, 청산도, 충무) 연안에서 채집된 *Raja*속 어류 중 165 개체를 Ishihara(1987)의 분류기준(Table 1)에 따라 동정하여 실험재료로 사용하였다(Table 2). 채집된 *Raja*속 어류는 체색 및 반문의 형태와 변이를 관찰하기 위하여 개체별로 사진촬영한 후, 동위효소 분석을 위한 표본은 dry ice(-70°C)로 급 냉동시켜 실험실로 운반하여 -70°C의 deep freezer에 보관하였으며, 형태형질 분석을 위한 표본은 10% formalin 용액에 고정한 후 70% alcohol 및 10% formalin 용액에 보존하였다. 복면 감각공(ventral sensory pore) 등의 형태관찰은 실체해부현미경(Nicon SMZ-10)을 이용했다.

동위효소 분석은 Selander 등(1971) 및 Yang 등(1989)의 방법에 따라 냉동표본 중 165개체

Table 2. Sampling localities, dates and number of specimens of 5 species of the genus *Raja* from Korea.

Populations	No. of specimens	collection date
R. (O). meerdervoortii (R.m.)		
1. Chungmu	20 (FSIU 0121-0140)*	1993, Sep., 10
R. (O.) acutispina (R.a.)		
2. Chungmu	10 (FSIU 0141-0150)	1993, Sep., 10
3. Wando (I.)	10 (FSIU 0151-0160)	1993, July, 14 1993, July, 16
R. (D.) kwangtungensis (R.kw.)		
4. Chungmu	17 (FSIU 0201-0217)	1993, July, 16
R. (D.) pulchra (R.p.)		
5. Paegnyˇongdo (I.)	17 (FSIU 0161-0178)	1992, April, 2
6. Designated area	20 (FSIU 0181-0200)	1993, Jan., 6 1993, Sep., 3
R. (O.) kenojei (R.k.)		
7. Kunsan	20 (FSIU 0099-0119)	1993, Nov., 20
8. Chindo (I.)	20 (FSIU 0001-0020)	1993, June, 5
9. Chˇongsando (I.)	10 (FSIU 0089-0098)	1993, July 15
10. Taechˇongdo (I.)	21 (FSIU 0022-0027), 0029-0033, 0039, 0044-0046, 0058, 0060-0063, 0066)	1993, March 8
Total	165	

*FSIU: Laboratory of Fisheries, Department of Oceanography, College of Science, Inha University

Table 3. Buffer systems and stains for electrophoresis.

Buffer system	E.C. No.*	Isoenzyme and protein	Condition
Continuous tris citrate II	1.1.1.27	Lactate dehydrogenase (*Ldh*-1,2)	100/3 hrs
(TC II, pH: 8.0)	1.1.1.37	Malate dehydrogenase (*Mdh*-1,2,3)	
	1.1.1.42	Isocitrate dehydrogenase (*Idh*)	
	1.1.99.5	αGlycerophosphate dehydrogenase (*αGpd*)	
	1.9.3.1	Indophenol oxidase (*Ipo*)	
	2.6.1.1	Glutamate oxaloacetate transaminase (*Got*-1,2)	
	2.6.1.2	Alanine aminotransferase (*Alat*-1,2,3)	
	2.7.3.2	Creatine kinase (*Ck*-1,2)	
	2.7.4.3	Adenylate kinase (*Ak*)	
	2.7.5.1	Phosphoglucomutase (*Pgm*)	
	5.3.1.8	Mannose phosphate isomerase (*Mpi*)	
Lithium hydroxide		General protein (*Gp*-1,2,4,5)	300/3 hrs
(LiOH, pH: 8.1)	3.4.11.11	Petidase (*Pept*-1,2)	
	N.S.**	Esterase (*Est*)	

*E.C. NO.: Enzyme commission number

**N.S.: Non specific

의 등쪽(dorsal side) 근육을 적출하여 4°C에서 glass homogenizer(B. Brown Co.)로 마쇄한 후 Sorvall RC-5B(Rotor SS-34)를 이용하여 18,000 rpm(39,000 g)으로 30분간 저온 원심분리한 후, 상층액을 이용하여 수평 전분 전기영동(horizontal starch gel electrophoresis: HSGE)을 실시하였다. 동위효소 분석을 실시한 효소및 비효소성 단백질의 종류와 완충액의 종류는 Table 3과 같다.

각 종 및 집단의 개체별 유전자형을 이용하여 BIOSYS program(Swofford and Selander, 1981)으로 대립인자 빈도(allele frequency)를 산출하고, 평균 다형형빈도(% polymorphism) 및 이형 접합자 빈도(heterozygosity)등 각 집단 및 종의 유전적 변이정도를 조사하였다(Selander, 1976). 또한 대립인자 빈도를 이용하여 Nei(1972)의 유전적 차이치(genetic distance coefficient: D)와 Rogers(1972)의 유전적 근연치(genetic similarity coefficient: S)를 산출하였고, S 값을 토대로 UPGMA(unweighted pair group method with arithmetic averages) 방법(Sneath and Sokal, 1973)에 따라 dendrogram을 작성하여 종 및 집단간 유전적 근연관계를 비교하였다.

결 과

남한해역에서 채집된 *Raja*속 어류들을 동정한 결과 *Raja*(*Okamejei*) *meerdervoortii* Bleeker(오동가오리), *R.*(*O.*) *acutispina* Ishiyama(국명신칭: 무늬홍어; 일본명: *Moyo-kasube*), *R.*(*O.*) *kenojei* Muller *et* Henle(홍어), *Raja*(*Dipturus*) *kwangtungensis* Chu(국명신칭: 참홍어; 중국명: 廣東), *R.*(*D.*) *pulchra* Liu(눈가오리) 등의 5종으로 확인되

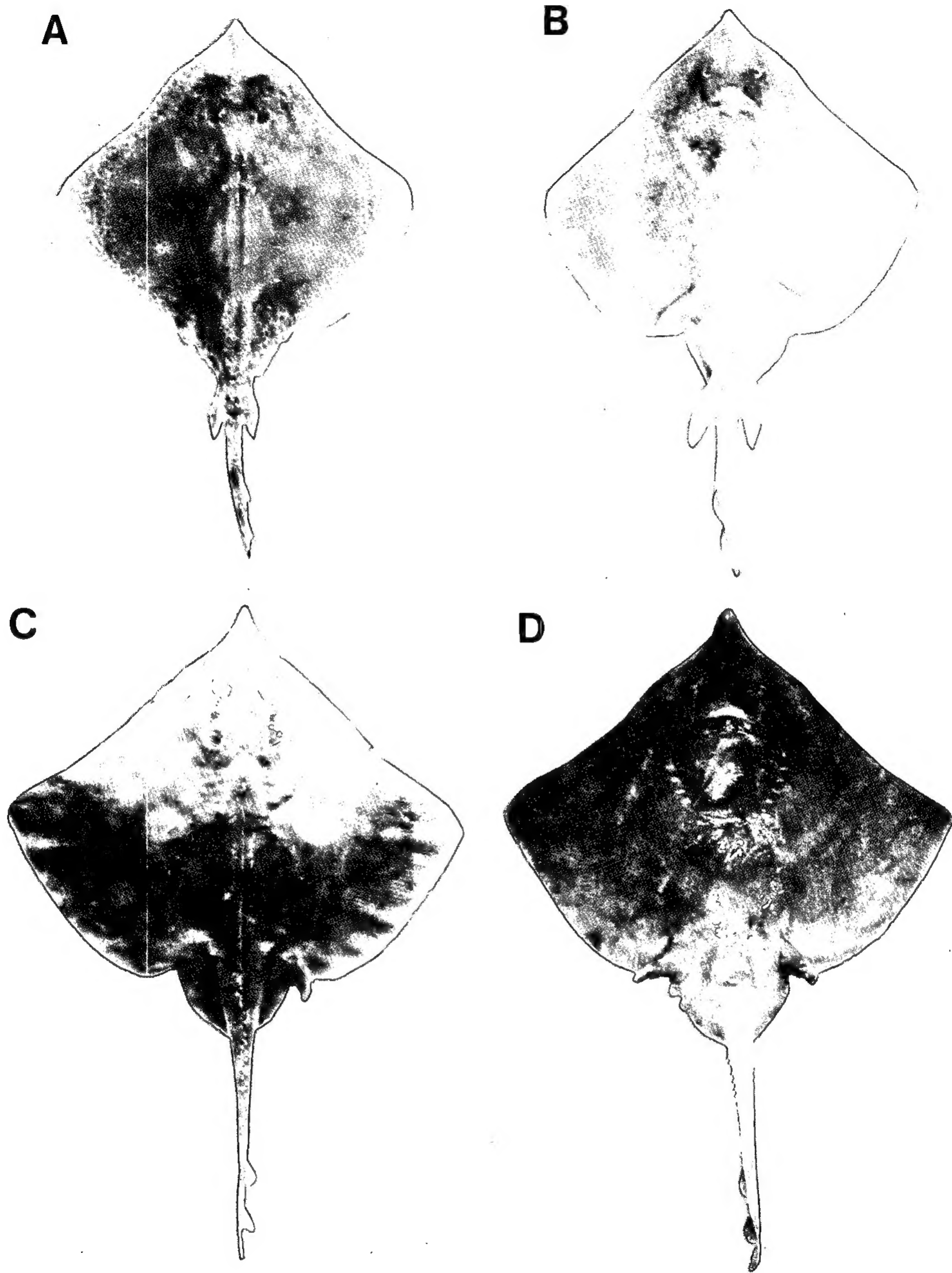


Fig. 1. *R.* (*O.*) *acutispina*, dorsal side (A) and ventral side (B), FSIU 0221, adult male, 420.5 mm TL; *R.* (*D.*) *kwangtungensis*, dorsal side (C) and ventral side (D), FSIU 0216, adult female, 628.5 mm TL.

었다. 그 중 subgenus *Okamejei*에 속하는 *R.*(*O.*) *acutispina* Ishiyama 21개체(FSIU 0141-0160, 0221)와 *subgenus Dipturus*의 *R.*(*D.*) *kwangtungensis* Chu 17개체(FSIU 0201-0217)는 한국 미기록종으로 동정되었다(Fig. 1). 이들 5종은 복면 감각공(ventral sensory pore)의 배열 형태가 5종 모두 각 종 특유의 배열 형태를 나타내어 5종을 구별하는 주

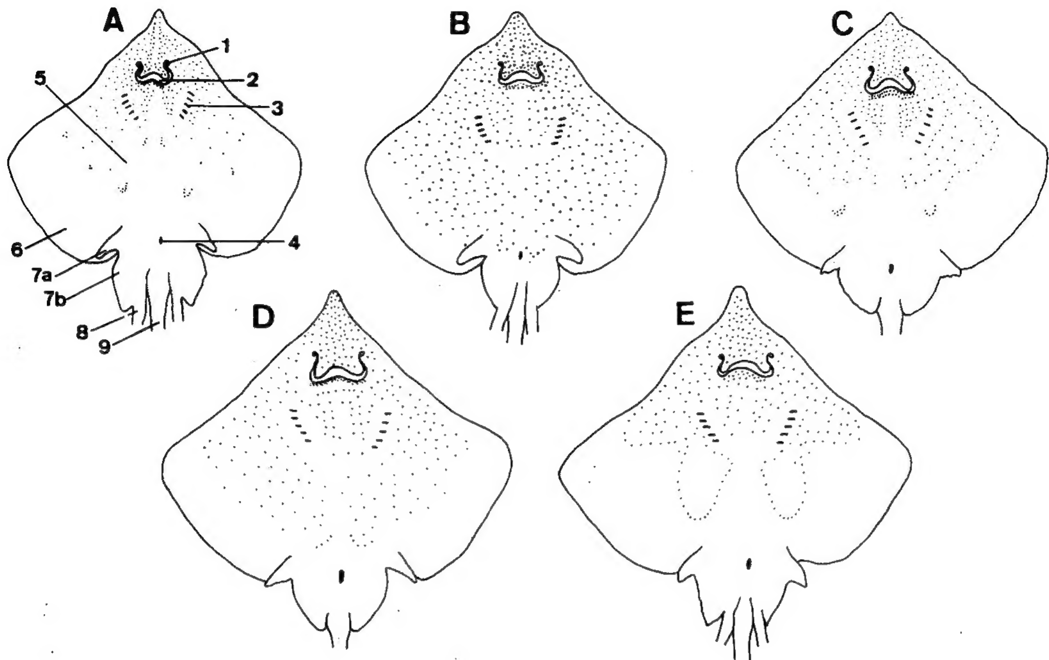


Fig. 2. Ventral side of five species of the genus *Raja*, showing ventral sensory pore patterns: A, *Raja* (*Okamejei*) *meerdervoortii*; B, *R.* (*O.*) *acutispina*; C, *R.* (*O.*) *kenojei*; D, *R.* (*Dipturus*) *kwangtungensis*; E, *R.* (*D.*) *pulchra*. 1, nostril; 2, mouth; 3, gill-slits; 4, anus or cloaca; 5, disc; 6, pectoral fin; 7, pelvic or ventral fin, a, anterior lobe, b, posterior lobe; 8, clasper of males; 9, tail.

요 분류 형질로 확인되었다(Fig. 2). 한국 미기록종으로 확인된 2종의 형태적 특징을 보면 *R.* (*O.*) *acutispina*는 갈색의 배면 중앙에 백색 반점이 있고 가장자리는 오렌지빛 갈색(orange yellow)을 띄고, 작은 흑색 반점들이 조밀하게 분포하며 때때로 망상 구조(reticulate patterns)의 color pattern을 이루며(Fig. 1A) 복면의 감각공은 크고 전체적으로 조밀하게 퍼져 있으면서 요대를 지나 항문 주변까지 분포하는 특징을 보였다(Fig. 1B, Fig. 2B). 한편, *R.* (*D.*) *kwangtungensis*는 체반의 배면(dorsal side)은 회색빛의 흑갈색 바탕에 여러가지 크기의 밝은 반점들이 있고, 그 중 체반의 양쪽 중앙에 있는 무늬가 가장 크며, 짙은 환상반점은 없다(Fig. 1C). 특히 밝은 회갈색 복면(ventral side)의 감각공은 다른 종보다 비교적 작고 항문(cloaca) 앞쪽 까지만 분포하는 형태적 특징을 보였다 (Fig. 1D, Fig. 2D).

이와 같이 종 구분된 총 5종 10집단 165개체에 대한 아속간, 종간 및 집단간의 유전적 유연관계를 알아보고자 전기영동을 실시한 결과 13개의 효소 및 비효소성 단백질에서 24개의 유전자를 검출하고 각 유전자별 대립인자 빈도를 구한 결과는 Table 4와 같다.

총 24개의 유전자 중 *Alat*-2, *Mdh*-1, *Mdh*-2, *Mdh*-3, *Ldh*-1, *Ldh*-2, *Ck*-2등 7개 유전자(29%)는 5종 10집단 모두 변이없이 monomorphic하였으나, *Mpi* 등 17개 유전자(71%)는 종간 혹은 집단간 대립인자 구성 및 빈도상의 변이를 나타내었다. 17개의 변이가 있는 유전자 중 *Gp*-1과 *Gp*-5는 두 아속의 종간에 뚜렷한 차이를 나타내었으며, 종간 유전적 특징을 보면 *R.* (*D.*) *pulchra*의 경우는 타 4종과 *Mpi*, *Ak*, *αGpd*, *Gp*-1, *Gp*-4 및 *Gp*-5 등 6개의 유전자에서 차이를 나타냈다. 동일한 *Dipturus* 아속에 속하는 *R.* (*D.*) *pulchra*와 *R.* (*D.*) *kwangtungensis*는 *Mpi*, *Ak*, *Got*-1, *Got*-2, *αGpd*, *Gp*-4, *Gp*-5, *Pept*-2, *Ck*-1 등 9개의 유전자에서 뚜렷한 종간 차이를 보였으나, *R.* (*D.*) *kwangtungensis*의 경우 *Okamejei* 아

Table 4. Allele frequencies of 17 polymorphic loci obtained from 10 populations of 5 species of the genus *Raja*. Numbers refer to the populations of each species listed in Table 2.

Locus		*R.m.*	*R.a.*		*R.kw.*	*R.p.*		*R.k.*			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Mpi	a		.050	.110				.684	.025		.024
	b	.095	.900	.900				.684	.400	1.000	.976
	c	.850			.100			.316	.575		
	d	.150									
	e					.906	1.000				
	f					.094					
Idh	a			.200							
	b	1.000	1.000	.800	1.000	.750	1.000	1.000	.944	1.000	.976
	c					.250			.056		.024
Ak	a					.941	1.000				
	b					.059					
	c	1.000	1.000	1.000	1.000			1.000	1.000	1.000	1.000
Got-1	a					.028			.025		
	b					.972	1.000	1.000	.975	1.000	1.000
	c										
	d	1.000	1.000	1.000	1.000						
Got-2	a	1.000	.063			.933	.868				
	b		.938	1.000	.824		.053	1.000	.971	1.000	1.000
	c				.176				.029		
	d					.067	.079				
αGpd	a							.026			
	b	1.000	1.000	1.000	1.000	.206		.947	1.000	1.000	1.000
	c					.765	1.000	.026			
	d					.029					
Pgm	a	.083					.025	.079			
	b							.053			
	c	.917	.950	1.000	1.000	1.000	.975	.842	1.000	1.000	1.000
	d							.026			
	e		.050								
Gp-1	a				1.000	.972	1.000				
	b					.028		1.000	1.000	1.000	1:000
	c		1.000	1.000							
	d	1.000									
Gp-2	a				.118						
	b	.025	.050								
	c	.975	.950	1.000	.882	.944	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
	d					.056					
Gp-4	a				.100						
	b	1.000	1.000	1.000	.733			.083	.100		.048
	c							.750	.900	.889	.952
	d				.167	1.000	1.000	.167		.111	
Gp-5	a					.719	.105				
	b					.188	.895				
	c					.094					
	d		1.000	1.000	1.000			1.000	1.000	1.000	1.000
	e	1.000									
Pept-1	a	1.000	.050	.050	.029	.083					
	b		.950	.950	.971	.917	1.000	1.000	.975	1.000	1.000
	c								.025		
Pept-2	a							.175	.125	.100	.048
	b							.600	.675	.900	.619
	c				.028						
	d	1.000	1.000	1.000		.778	1.000	.100	.150		.310
	e					.194		.100			
	f				.471			.025			
	g				.529						
Ipo	a				1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
	b	1.000	1.000	1.000							
Ck-1	a					.944	1.000				
	b	1.000	1.000	1.000	1.000	.056	.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Alat-1	a				1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
	b	1.000	1.000	1.000							
Alat-3	a		1.000	1.000							
	b	1.000			1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Table 5. The degree of genic variations of 5 species of the genus *Raja*.

Population	No. of specimens (N)	Mean No. of allele per locus (A)	Percentage of polymorphic loci (%P)	Heterozygosity	
				Observed (Ho)	Expected (He)
R.(O.) meerdervoortii					
1. Chungmu	20	1.1	8.3	.013	.020
R. (O.) acutispina					
2. Chungmu	10	1.2	20.8	.022	.022
3. Wando (I.)	10	1.1	12.5	.013	.026
R. (D.) kwangtungensis					
4. Chungmu	17	1.3	20.8	.046	.071
R. (D.) pulchra					
5. Paegnyŏngdo (I.)	17	1.6	41.7	.046	.104
6. Designated area	20	1.2	8.3	.013	.020
R. (O.) kenojei					
7. Kunsan	20	1.5	20.8	.046	.077
8. Chindo (I.)	20	1.4	16.7	.042	.062
9. Chŏngsando (I.)	10	1.1	8.3	.008	.017
10. Taechŏngdo (I.)	21	1.3	4.2	.024	.030

속에 속하는 *R.(O.) kenojei*와 *Got*-1, *Gp*-4, *Pept*-2에서만 유전적 차이를 보여 형태상의 분류와 차이가 있었으며, *R.(O.) meerdervoortii*와 *R.(O.) acutispina* 사이에는 *Gp*-1, *Alat*-1, *Ipo* 등이 완전히 다른 대립인자로 뚜렷한 차이를 보였다.

Table 4의 대립인자 빈도를 이용하여 종별 집단간 유전적 변이정도를 산출한 결과(Table 5) *Dipturus* 아속에 속하는 *R.(D.) kwangtungensis*와 *R.(D.) pulchra* 2종 3집단의 각 유전자당 평균 대립인자수는 A = 1.35, 평균 다형형빈도는 P = 22.9%이며 평균 이형접합자빈도는 Ho = 0.038, He = 0.066으로 산출되었고 *Okamejei* 아속의 *R.(O.) meerdervoortii*, *R.(O.) acutispina*와 *R.(O.) kenojei* 등 3종 7 집단의 유전적 변이는 평균 A = 1.2, P = 12.4%, Ho = 0.020, He = 0.030으로 산출되어, *Dipturus* 아속이 *Okamejei* 아속보다 유전적 변이가 큰 것으로 나타났다. 그러나 이형접합자 빈도에 있어 2 아속 모두 관찰치가 기대치에 비해 낮은 값을 나타내었는데, 특히 *R.(D.) pulchra*의 백령집단은 이형접합자 빈도의 관찰치와 기대치의 차이가 클 뿐아니라, 특정해역(designated area)집단에 비해 % polymorphism, Ho 및 He 등이 모두 3배 이상 높은 변이정도를 나타내었다. *R.(O.) kenojei* 청산도집단은 P = 8.3%, Ho = 0.008, He = 0.017로 조사 집단 중 가장 낮은 유전적 변이를 보였다.

각 종의 집단 별 대립인자 빈도(Table 4)를 이용하여 *Raja*속 어류 5종 10집단의 종간, 집단간 Rogers(1972)의 유전적 근연치(S)와 Nei(1972)의 유전적 차이치(D)를 구한 결과는 Table 6과 같다. 5종 중 *Okamejei* 아속의 *R.(O.) meerdervoortii*와 *R.(O.) acutispina*의 종간 유전적 근연치는 S = 0.749, *R.(D.) pulchra*는 다른 4종과 S = 0.597로 뚜렷한 종간 차이

Table 6. Rogers' gentic similarity coefficients (above diagonal) and Nei's distance (below diagonal) based on allele frequencies of 24 genetic loci among 5 species of the genus *Raja*.

Population	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
R. (O.) meerdervoortii										
1. Chungmu		0.754	0.744	.0666	0.541	0.538	0.609	0.618	0.586	0.597
R. (O.) actuispina										
2. Chungmu	0.273		0.983	0.770	0.501	0.503	0.699	0.688	0.701	0.714
3. Wando (I.)	0.280	0.002		0.762	0.502	0.496	0.695	0.689	0.698	0.711
R. (D.) kwangtungensis										
4. Chungmu	0.384	0.237	0.241		0.652	0.643	0.830	0.820	0.831	0.834
R. (D.) pulchra										
5. Paegnyŏngdo (I.)	0.578	0.666	0.674	0.389		0.924	0.654	0.656	0.640	0.650
6. Designated area	0.614	0.679	0.689	0.422	0.027		0.650	0.643	0.636	0.644
R. (O.) kenojei										
7. Kunsan	0.479	0.330	0.333	0.148	0.379	0.410		0.966	0.964	0.964
8. Chindo (I.)	0.458	0.344	0.345	0.163	0.391	0.424	0.006		0.957	0.964
9. Chŏngsando (I.)	0.529	0.342	0.345	0.159	0.410	0.443	0.008	0.017		0.982
10. Taechŏngdo (I.)	0.499	0.317	0.154	0.395	0.425	0.008	0.015	0.0004		

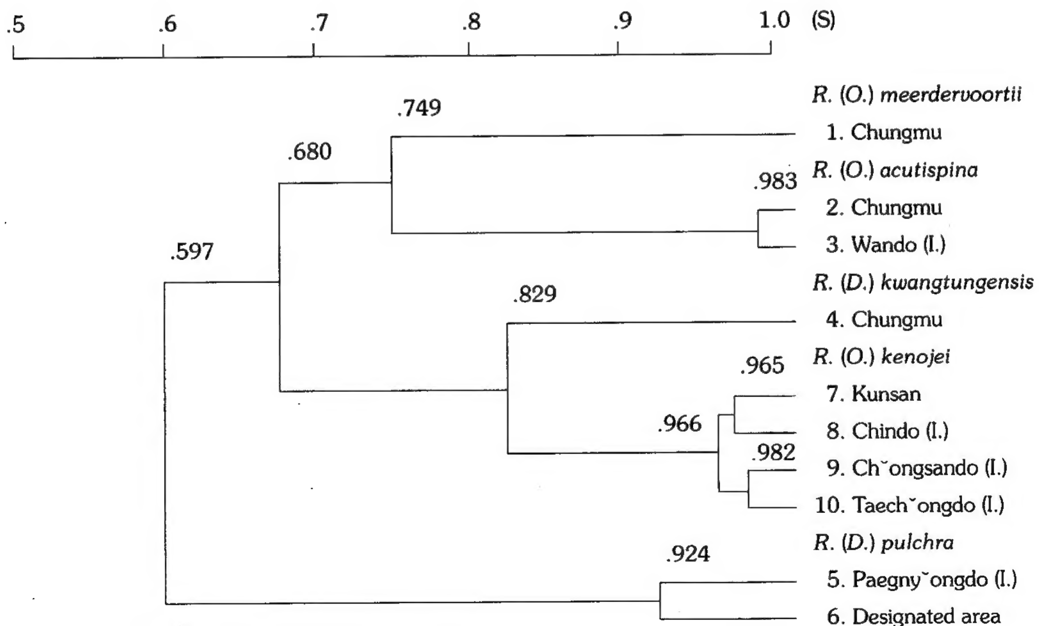


Fig. 3. Dendrogram of 10 populations of 5 species of the genus *Raja* based on Rogers' genetic similarity coefficients.

를 보였다. 또한 *Dipturus* 아속의 *R.* (*D.*) *kwangtungensis*와 *R.* (*D.*) *pulchra*는 종간 유전적 근연차가 S = 0.648로 뚜렷한 차이가 있었으나, *Dipturus* 아속의 *R.* (*D.*) *kwangtungensis*와 *Okamejei* 아속에 속하는 *R.* (*O.*) *kenojei* 4집단과는 S = 0.829로 가까운 근연치를 나타내어 주목된다. 그리고 반문 및 체색의 형태 변이가 매우 심한 종인 *R.* (*O.*) *kenojei*는 집단간 평균 유전적 근연치가 S = 0.966으로 유전적으로는 매우 유사하게 나타나 이러한 형태적 변이는 동일한 종내 변이라고 사료된다.

Table 6의 유전적 근연치를 근거로 dendrogram을 작성한 결과는 Fig. 3과 같이 S = 0.597에서 *R.* (*D.*) *pulchra*가 타 4종과 크게 2 group으로 나누어졌으며, 서로 다른 아속에 분류되어 있는 *R.* (*D.*) *kwangtungensis*와 *R.* (*O.*) *kenojei*가 S = 0.829로 매우 가까운 유전적 근연관계를 나타내며 한 group으로 cluster되어 형태분석에 의한 분류체계(Ishihara, 1987)와는 차이가 있었다.

고 찰

*Raja*속 어류는 한대, 온대 및 아열대 수역에 걸쳐 널리 분포하는 저착성 연골어류로서 일부 종은 외부형태가 매우 유사하여 분류학적으로 논란이 많은 분류군이다. 일본, 중국 및 대만에서는 *Raja*속 어류의 외부형태 형질 중 반문, 체표의 가시 수 및 배열상태, 내부 형태형질인 두개골의 모양, 척추골 및 장나선판의 수 등 형태형질을 위주로한 분류연구가 실시되었는데, 이들 분류형질들은 종간 및 종내 집단간 변이가 많아 분류학적 혼란이 있어 왔다(Chang *et al.*, 1955; Ishiyama, 1958, 1967; Chu, 1960; Chu *et al.*, 1963; Shen, 1984a, 1984b; Ishihara and Ishiyama, 1986; Chu and Meng, 1987). 그러나 최근 Ishihara(1987)와 Chen과 Joung(1989)은 복면 감각공(ventral sensory pores)의 배열상태(Raschi, 1978; Chu and Meng, 1979; Hatooka and Yamada, 1993), 교접기(clasper)와 견갑오훼연골(scapulocoracoid)의 형태, 제 1, 2 등지느러미와 꼬리지느러미의 배열 및 크기 등의 새로운 분류형질을 이용하여 북서태평양산 *Raja*속 어류의 분류체계를 재정리한 바 있어 한국 연안에 분포하는 *Raja*속 어류의 학명사용과 종기재 등 분류체계의 전반적인 재검토가 요구되었다.

본 연구에서는 남한 근해에서 채집된 표본을 Ishihara(1987)의 분류기준에 따라 동정한 결과 한국에는 아직까지 보고되지 않은 *Raja* (*Okamejei*) *acutispina* Ishiyama, 1958와 *Raja* (*Dipturus*) *kwangtungensis* Chu, 1960가 서식 분포함이 확인되었다. *R.* (*O.*) *acutispina*는 갈색의 배면 중앙에 백색 반점이 있고 가장자리는 오렌지빛 갈색(orange yellow)을 띄고, 작은 흑색 반점들이 조밀하게 분포하며 때때로 망상 구조(reticulate patterns)의 color pattern을 이룬다. 두장(dorsal head length)은 양안 간격(interorbital width)의 5.5-6.0배로 뾰족한 편이다(Fig. 1A, 1B). 미부 비대극(tail thorns)은 수컷에서는 3열, 암컷에서는 불규칙하게 5열이 꼬리의 위쪽에 나열해 있으며 신선한 상태에서 체표가 점액물질(mucous substance)로 싸여져서 미끈거리는 특징이 있고 특히 본 종들의 주요 분류 형질로 확인된 복면의 감각공은 크고 전체적으로 조밀하게 퍼져 있으며 요대를 지나 항문 주변까지 분포하는 특징을 보였다(Fig. 2B). *R.* (*D.*) *kwangtungensis*는 체반의 배면(dorsal side)은 회색빛의 흑갈색 바탕에 여러가지 크기의 밝은 반점들이 있고, 그 중 체반의 양쪽 중앙에 있는 무늬가 가장 크며, 짙은 환상반점은 없다. 꼬리지느러미는 미부 피습(tail fold)의 최대폭 보다 높은 편이고 항부비대극은 2개 이하이다(Fig. 1C, 1D). 특히 밝은 회갈색 복면(ventral side)의 감각공은 다른 종보다 비교적 작고 항문(cloaca) 앞쪽 까지만 분포하는 형태적 특징을 보였다(Fig. 2D). 본 종의 경우 황

해의 북부해역에 분포한다는 보고가 있었으나(Yamada, 1986) 본 연구기간 중 황해에서는 채집되지 않았으며, 종의 분포상 황해 중부이남에 서식하는 종이라 여겨진다. 이들 미기록 2종의 국명 사용은 원기재의 어원에 따랐는데, *R.*(*D.*) *kwangtungensis* 경우, 명명자인 Chu(1960)는 中國 廣東省 지방에서 모식표본을 채집하였기 때문에 廣東 라 명명하였다고 여겨진다. *R.*(*O.*) *meerdervoortii*는 체반의 등쪽에 전체적으로 황색반점이 있으며, 복부 감각공은 작고 다소 성글게 분포하고 목부(abdominal region)에는 분포하지 않는다(Fig. 2A). 두장은 양안간격의 5.3-6.4배이며, 눈의 크기(orbit diameter)는 양안간격과 같거나 크다. 항부비대극은 수컷이 1-2개, 암컷은 1-3개이며, 3개일 경우에는 삼각형을 이루는 특징이 있다. 성체의 전장이 32-37 cm로 5종 중에서 가장 작은 종으로 Chyung(1977)에 의하면 아직까지 표본을 채집하여 기재된 것이 없는데, 본 연구에서는 총 20개체가 채집되어 실험재료로 이용되었다. 형태적 변이가 가장 심한 *R.*(*O.*) *kenojei*는 체반의 반문이 매우 다양하고, 두장은 양안간격의 3.6-4.9배이며, 항부비대극은 2-16개로 변이폭이 크다. 복부 감각공은 *R.*(*O.*) *meerdervoortii*와 같이 작고 비교적 조밀하지 않으며 목부에는 없다(Fig. 2C). 유어기에는 한 쌍의 짙은 환상반문이 있으나 성어가 되면 옅어지는 경향이 있다. 전장이 1 m에 달하는 *R.*(*D.*) *pulchra*는 꼬리지느러미가 낮아서 미부피습의 폭과 같은 정도이다. 항부 비대극은 항상 1개이고, 미부 비대극은 수컷에서는 꼬리의 정중선에 1열로 나열해 있고, 암컷에서는 5열이다. 복부 감각공의 배열형태가 전체적으로 W자의 형태를 이룬다(Fig. 2E)(Ishiyama, 1958, 1967; Chu, 1960; ASIZB, 1962; Ishihara, 1987). Family Rajidae와 genus *Raja*는 현재까지 가오리과 및 가오리속으로 명명되어 왔으나(Chyung, 1977) 한국산 종의 구성이나 어원으로 보아 홍어과 및 홍어속이라 명명함이 타당하다고 사료된다.

동위효소 전기영동법을 이용한 유전자 분석결과 *R.*(*D.*) *kwangtungensis*는 형태상 유사도에 의해 동일 아속인 subgenus *Dipturus*로 분류된 *R.*(*D.*) *pulchra*와는 유전적 근연치가 S = 0.648로 뚜렷한 차이가 있으나, 타 아속인 *Okamejei*의 *R.*(*O.*) *kenojei*와는 S = 0.829로 매우 가까운 근연치를 나타내어 주목된다.

R.(*D.*) *kwangtungensis*가 속하는 *Dipturus* 아속의 종들은 홍어류의 형태형질 중에서 가장 보존적 형질(conservative character)인 교접기에 funnel이 없는 반면 *Okamejei* 아속의 종들에는 funnel이 있어서 형태적으로 뚜렷이 구별되는데(Fig. 4) 이러한 교접기의 구조는 쉽게 변하지 않는 형질이기 때문에 홍어류 어류의 종 특이성과 계통유연관계를 결정하는 중요한 형질이다(Leigh-Sharpe, 1926; Ishiyama, 1958; Stehmann, 1970; Ishihara and Ishiyama, 1986; McEachran and Miyake, 1986; Ishihara, 1987). 이러한 교잡기의 구조에의해 *R.*(*D.*) *kwangtungensis*는 현재 *Dipturus* 아속으로 분류되어 있으나 본 연구의 유전적 근연관계에서는 *Okamejei* 아속의 종들과 가깝게 나타났다(Fig. 3). 더우기 본 종은 동일 아속에 속하는 다른 종들에 비하여 전장(total length)이 작고, 척추골 수가 적은 독특한 특징이 있다는 보고가 있어(Ishihara, 1994; pers. comm.) 본 종의 아속 문제에 대하여는 추후 많은 형태적, 유전적 형질의 비교, 분석을 통한 검토가 요구되었다.

한편 *R.*(*O.*) *kenojei* Miller *et* Henle는 반문 및 체표의 가시수와 배열 상태 등 형태적 변이가 매우 심하여 과거 여러 종 및 아종 〔*R. porosa* Gunther, *R. fusca* Garman, *R. japonica* Nystrom, *R. tobae* Tanaka, *R. katsukii* Tanaka, *R. chinensis*(not of Basilewsky), *R. porosa meerdervoortii* Ishiyama, *R. porosa* tobae Ishiyama〕으로 분류되었었는데(Garman, 1913; Tanaka, 1916, 1917, 1927; Ishiyama, 1958, 1967; Chu, 1960; Chu *et al.*, 1963), Ishiyama(1967)와 Ishihara(1987) 등은 *R. kenojei* Muller *et* Henle의 synonym으로 정리하였다. 또한 Chen and Joung(1989)은 *R. porosa*

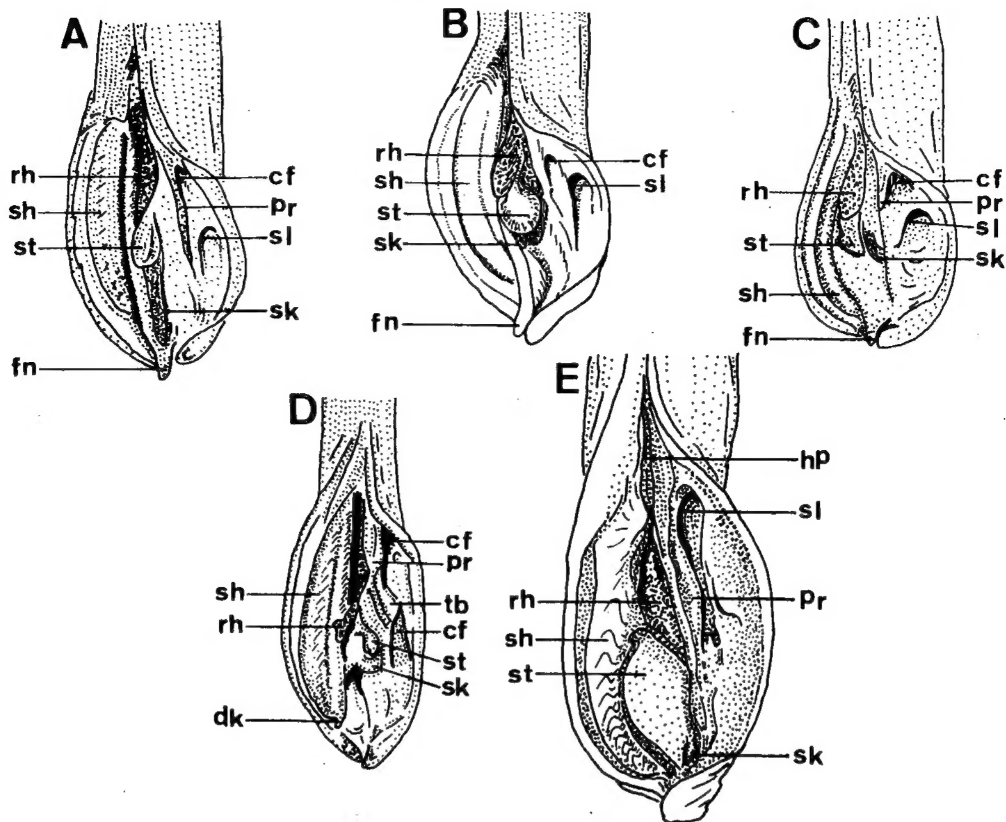


Fig. 4. Species specific structure of clasper: A, *Raja* (*Okamejei*) *meerdervoortii*; B, *R.* (*O.*) *acutispina*; C, *R.* (*O.*) *kenojei*; D, *R.* (*Dipturus*) *kwangtungensis*; E, *R.* (*D.*) *pulchra*. cf, cleft; dk, dike; fn, funnel; hp, hypopyle; pr, pseudorhipidion; rh, rhipidon; sh,shield; sk, spike; sl, slit; st, sentinel; tb, terminal bridge. (after Ishihara, 1987)

Gunther, *R. fusca* Garman 및 *R. meerdervoortii*(not of Bleeker)가 *R.*(*O.*) *kenojei* Muller *et* Henle의 synonym이라 하여 Ishihara(1987)을 뒷받침하였다. 본 연구에서는 Ishihara(1987)에 의해 *R.*(*O.*) *kenojei* Muller *et* Henle로 분류된 개체들을 과거에 분류했던 것과 같이 반문의 형태 및 비대극의 수와 배열 등에 따라 종구분하여 전기영동을 실시한 결과 뚜렷한 유전적 차이가 없는 점으로 미루어 *R.*(*O.*) *kenojei* Muller *et* Henle로 분류함이 타당하다고 사료된다. 이와 같은 *R.*(*O.*) *kenojei* Muller *et* Henle의 다양한 반문변이는 체색변화일 수 있고, 또한 교미기와 산란기에 많이 나타나는 경향으로 보아 번식기의 혼인색으로 여겨진다. 실제로 생체나 냉동표본의 경우는 매우 다른 반문형태를 나타내어도 액침보존한 후에는 일부 반문을 제외하고는 흐려지면서 매우 유사해 보였다. 특히 일본의 Choshi북부에서 Shiranuka에 걸친 태평양 연안에서 *Raja*(*Okamejei*) 아속 어류는 *R. fusca* type(Ishiyama, 1958, 1967)만이 분포하기 때문에 격리된 지역형태(isolated local form)로 보여진다고 했으나(Ishihara, 1987), 제주도, 거문도, 포항 등에도 분포한다고 보고된 바 있어(Chyung, 1977) 이러한 type을 형태종(morphotypes)으로 구분하여 아종(subspecies)으로 분류해야 되는지에 대한 문제는 현재까지 확실하지 않아(Ishihara, 1987) 추후에 많은 표본을 대상으로 형태학적, 유전학적 및 생물지리학적 연구 등 종합적인 연구가 실시되어야 할 것이다.

謝 辭

R. (*D.*) *pulchra* 백령도 집단의 시료를 제공해준 국립수산진흥원 서해연구소 관계자 여러분과 훌륭한 의견과 중요한 문헌들을 제공해준 日本 水土舍의 石原 元 博士, 인하대 생물학과 민미숙 박사, 김종범 박사에게 감사 드리고 끝으로 귀중한 문헌들을 제공해준 中國科學院 海洋硏究所 李光友 敎授께 감사드립니다.

REFERENCES

ASIZB (Academia Sinica Institute of Zoology), 1962. Fishes of the South China Sea. (Eds., Academia Sinica Institute of Oceanography and Shanghai Fisheries College). Science Press, Beijing, xxxvi+1184 pp.

Boeseman, M., 1978. Some remarks on the identity of the Japanes ray *Raja kenojei* Muller & Henle. (Ms.) Abstract for the 58th Meeting of ASIH.

Boeseman, M., 1979. Some remarks on the identity of the Japanes rays *Raja kenojei* Muller & Henle, 1841, and *Raja meerdervoortii* Bleeker,1860. Zool. Meded., 53(25): 273-281.

Chang, C.L., Q.T. Cheng, B.S. Zheng, S.Z. Li, W.L. Zheng and W.B. Wang, 1955. Report of research in the fishes of the Yellow Sea. Science Press, Beijing, xviii+353 pp.

Chen, C.T. and S.T. Joung, 1989. Fishes of the genus *Raja* (Rajiformes: Rajidae) from Taiwan. Journal of Taiwan Museum, **42(2):** 1-12.

Chen, C.T. and S.T. Joung, 1993. Chondrichthyes. *In*: Fishes of Taiwan (Ed. S.C. Shen). pp. 29-91. Department of Zoology, National Taiwan University.

Chu, Y.T., 1960. Cartilaginous fishes of China. Science Press, Beijing, x+225 pp.

Chu, Y.T. and C.W. Meng, 1979. Monograph of fishes of China. (No. 2). A study of the lateral-line canals system and that of Lorenzini ampullae and tubules of Elasmobranchiate fishes of China. Shanghai Science and Technology Press, Shanghai, 64+132 pp.

Chu, Y.T. and C.W. Meng, 1987. Cyclostomata and Chondrichthyes. In: Systematic synopsis of Chinese fishes (Vol. 1, 2) (Eds., Q.T. Cheng and B.S.Zheng). Science Press, Beijing, 643+1458 pp.

Chu, Y.T., C.L. Zhang and Q.T. Cheng (Eds.), 1963. Fishes of the East China Sea. Science Press, Beijing, xxviii+642 pp.

Chyung, M.K., 1977, The fishes of Korea. Il-Jisa, Seoul, Korea, 727 pp., 142+328 pls.

Garman, S., 1913. The Plagiostomia (sharks, skates and rays). Mem. Mus. Comp. Zool. Harvard Coll., 36, xii+515 pp., 75 pls.

Hatooka, K. and U. Yamada, 1993. Rajidae. In: Fishes of Japan with pictorial keys to the species (Ed., T. Nakabo). pp. 132-140. Tokai Univ. Press, Tokyo.

Ishihara, H., 1988. A key to the species of the family Rajidae in Japan. *Rep.* Jap. Soc. Elasmobranch Studies, **(25):** 10-19.

Ishihara, H. and R. Ishiyama, 1986. Systematics and distribution of the skates of the north Pacific (Chondrichthyes, Rajoidei). *In*: Indo-Pacific fish biology (Eds. T. Uyeno, R. Arai, T. Taniuchi and K.

Matsuura). pp. 269-280. Ichthyological Soc. of Japan, Tokyo.

Ishihara, H., 1987. Revision of the western north Pacific species of the genus *Raja*. Jap. J. Ichthyol., **34(3):** 241-285.

Ishiyama, R., 1958. Studies on the rajid fishes (Rajidae) found in the waters around Japan. J. Shimonoseki Coll. Fish., **7(2, 3):** 193-394.

Ishiyama, R., 1967. Fauna Japonica. Rajidae (Pisces). Biogeogr. Soc. Japan, Tokyo, vi+84 pp., 32 pls.

Leigh-Sharpe, W. H., 1926. The comparative morphology of the secondary sexual characters of the elasmobranch fishes. J. Morph. Physiol., **42:** 349-358.

McEachran, J.D. and T. Miyake, 1986. Interrelationships within a putative monophyletic group of skates (Chondrichthyes, Rajoidei, Rajini). *In*: Indo-Pacific fish biology (Eds., T. Uyeno, R. Arai, T. Taniuchi, and K. Matsuura). pp. 281-290, Ichthyological Soc. of Japan, Tokyo.

Muller, J. and J. Henle, 1841. Systematische Beschreibung der plagiostomen. Berlin, xxii+200 pp., 60 pls.

Nei, M., 1972. Genetic distance between populations. Amer. Natural., **106(949):** 283-292.

Nelson, J.S., 1994. Fishes of the world, 3rd ed. John Wiley & Sons, Inc. New York, 600 pp.

Raschi, W., 1978. Notes on the gross functional morphology of the ampullary system in two similar species of skates, *Raja erinacea* and *R. ocellata*. Copeia, **1978(1):** 48-52.

Rogers, J.S., 1972. Measures of genetic similarity and genetic distance. Studies in genetics VII, Univ. Texas Publ., **7213:** 145-153.

Selander, R.K., M.H. Smith, S.Y. Yang, W.E. Johson and B. Gentry, 1971. Biochemical polymorphism and systematics in the genus *Peromyscus*. I. Variation in the old field mouse (*Peromyscus poliontus*). Studies in genetics VII, Univ. Texas Publ., **7103:** 49-90.

Selander, R.K., 1976. Genetic variation in natural populations. *In*: Molecular evolution (Ed., F.J. Ayala), Sinauer Associates, Sunderland, Massachusettes, 277 pp.

Shen, S.C., 1984a. Synopsis of fishes of Taiwan. Southern Material Center, Inc, Taipei, ix+533 pp.

Shen, S.C., 1984b. Coastal fishes of Taiwan. Veterans Printing Works, Taipei, 190 pp.

Sneath, P.H.A. and R.R. Sokal, 1973. Numerical taxonomy. W.H. Freeman Co., San Francisco, 573 pp.

Stehmann, M., 1970. Vergleichend morphologische und anatomische Untersuchungen zur Neuordnung der Systematik der nordostatlantischen Rajidae (Chondrichthyes, Batoidei). Arch. Fisch Wiss., **21(2):** 73-164, Tafel 1-27, Abb. 1.

Swofford, D.L. and R.B. Selander, 1981. BIOSYS-1: FORTRAN program for the comprehensive analysis of electrophoretic data in population genetics and systematics. J. Heredit., **72:** 281-283.

Tanaka, S., 1916. A new species of Japanes fishes. Zool. Mag., Tokyo, **28(334):** 313-314.

Tanaka, S., 1917. Figures and descriptions of the fishes of Japan. Daichi-shoin, Tokyo, 25: 453-455, pls. 124-127.

Tanaka, S., 1927. Figures and descriptions of the fishes of Japan. 35: Daichi-shoin, Tokyo, pp. 662-665, pl. 154.

Yamada, U., 1986. Rajidae. In: Fishes of the East China Sea and the Yellow Sea (Ed., O. Okamura). pp. 32-36. Seikai Reg. Fish. Res. Lab., Nagasaki.

Yang, S.Y., B.S. Park and J.H. Kim, 1989. Systematic studies of the genus *Cobitis* (Pisces: Cobitidae) in Korea. I. Geographic variations and classification of *Cobitis koreensis*. Korean J. Zool., **32:** 242-251.

RECEIVED: 11 May 1995
ACCEPTED: 23 June 1995

Systematic Study on the Fishes of the Genus *Raja* (Pisces, Rajidae) from Korea.

Choong-Hoon Jeong, Yong-Chul Lee, Jae-Heup Kim* and Suh-Yung Yang*
(Department of Oceanography; and *Department of Biology, Inha University, Inchon 402-751, Korea)

ABSTRACT

Electrophoretic analysis was performed to determine the interspecific genetic relationships of the genus *Raja* collected in Korean waters. We confirmed 5 species [*Raja (Okamejei) meerdervoortii* Bleeker, *R.* (*O.*) *acutispina* Ishiyama, *R.* (*O.*) *kenojei* Muller *et* Henle, *Raja* (*Dipturus*) *kwangtungensis* Chu, and *R.* (*D.*) *pulchra* Liu] inhabiting in Korea. As a results of starch gel electrophoresis, 24 genetic loci were obtained from 13 enzymic and non-enzymic proteins, and allele frequencies of each locus were calculated. Even though their various dorsal color patterns, the mean genetic similarity among 4 conspecific populations of *R.* (*O.*) kenojei showed highly close genetic relationships (S = 0.966). *R.* (*O.*) *kenojei* and *R.* (*D.*) *kwangtungensis* which belong to different subgenus, revealed subspecific level of differentiation (S = 0.829). *R.* (*Dipturus*) *kwangtungensis* was genetically much closer to *Raja* (*Okamejei*) species than to *Raja* (*Dipturus*) species group. *R.* (*O.*) *acutispina* and *R.* (*D.*) *kwangtungensis* were unrecorded species to Korea.